

2022卒研紹介（今井研：6号館614室）

「MEMSで開く身近な医療、エネルギー革命」

研究分野：MEMS, 医療デバイス, マイクロ発電デバイス, バイオミメティクス

学術テーマ

- (1) アクチュエータおよび機能性材料の活用
- (2) ナノ材料や生体適合性材料およびその3次元加工法
- (3) バイオ燃料電池によるモバイル発電システム
- (4) 微細表面技術（バイオミメティクス）



応用：医療機器，モバイル機器，モバイル発電機器など

SDGs(世界が一丸となって達成を目指す17の目標)において

私たちの研究分野は下記の3つです

1 貧困をなくそう



2 飢餓をゼロに



3 すべての人に健康と福祉を



医療

4 質の高い教育をみんなに



5 ジェンダー平等を実現しよう



6 安全な水とトイレを世界中に



7 エネルギーをみんなにそしてクリーンに



バイオ燃料電池

8 働きがいも経済成長も



9 産業と技術革新の基盤をつくろう



MEMS

10 人や国の不平等をなくそう



11 住み続けられるまちづくりを



12 つくる責任 つかう責任



13 気候変動に具体的な対策を



14 海の豊かさを守ろう



15 陸の豊かさを守ろう



16 平和と公正をすべての人に



17 パートナースhipで目標を達成しよう



<社会的背景>

■ SDGsとはより良い世界を目指すための目標

■ 17の目標

- ・ 1. 貧困をなくそう
- ・ 2. 飢餓をゼロに
- ・ 3. すべての人に健康と福祉を
- ・ 4. 質の高い教育をみんなに
- ・ 5. ジェンダー平等を実現しよう
- ・ 6. 安全なトイレと水を世界中に
- ・ 7. エネルギーをみんなに。そしてクリーンに
- ・ 8. 働きがいも経済成長も
- ・ 9. 産業と技術革新の基盤をつくろう
- ・ 10. 人や国の不平等をなくそう
- ・ 11. 住み続けられるまちづくりを
- ・ 12. つくる責任、つかう責任
- ・ 13. 気候変動に具体的な対策を
- ・ 14. 海の豊かさを守ろう

① SDGs

よりよい世界を目指すための
全世界が努力すべき目標

② カーボンニュートラル

2020年10月、政府は2050年までに温室効果
ガスの排出を全体としてゼロにする、カーボン
ニュートラルを目指すことを宣言した。

COP21 2016年11月：**パリ協定**

世界共通の長期目標として、平均気温の上昇
を産業革命以前に比べて2℃未満に抑え、
さらに1.5℃までに抑える努力を追求する

MEMS技術を使って貢献したい！

ターゲットにしたのは、

- ・ **No.3 医療と健康**
- ・ **No.7 クリーンなエネルギー**

⇒ **「MEMSによる身近な医療・エネルギー革命」**

なぜ医療か (社会的・技術的背景) 高齢化, コロナ, IOT技術の進展

- 高齢化社会: **老人医療** (2040年問題)
- コロナウイルス: **医師・診療機関の負担低減**
- デジタル技術の進歩: **新たな診断・治療法の導入(デジタル医療革命)**

セルフモニタリング⇒AIやアプリで診断⇒自分で治療 となる！



簡単な治療は患者が自ら行うようになる (セルフメディケーション)

自分で操作できる医療機器, 切らずに治療するデバイスが必要

(これらをMEMSで開発したい！)

このような目的のために行って研究は以下の項目です！

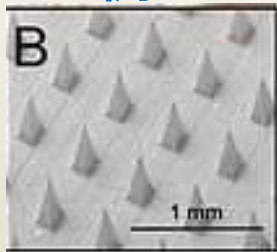
・例1: MEMSによる投薬用マイクロニードル (自分で注射できる, 小さく作れる)

・例2: マイクロカプセルに搭載する投薬用ポンプ、温熱治療システム

(切らずに治療する)

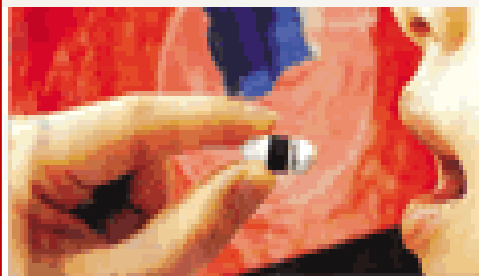
・例3: 体表面で発電できるバイオ燃料電池 (いっどこでも電源)

例1



自分で治療(投薬)
(マイクロニードル)

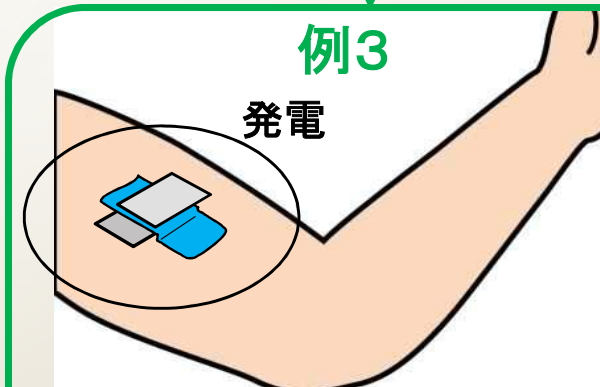
例2



胃や腸の中でピンポイントの投薬
ピンポイントの温熱治療



例3



燃料: 乳酸(汗), セルロース

非医療従事者でなくても投薬可能
(WHOから開発途上国の医療普及のため
に求められている技術)

切らずに治療できる低侵襲な治療法

どこでもいつでもクリーンな電力

MEMSのメリット

①小さく作ることが得意 省資源、省エネルギー、低CO2排出

②材料的な新機能 ナノサイズになると、バルクにはない新規な機能が生まれる！

(ここから個別紹介)

(1) 多量の投薬が可能なマイクロニードル

(誰でも簡単に操作でき治療が可能な注射器の実現へ！)

MEMS加工を用いたマイクロニードルの長所

- 操作が容易で、痛みが少ない
- 局所的、直接的な投薬ができる

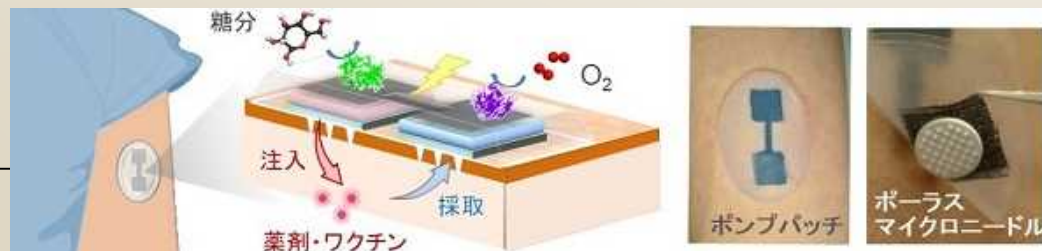
研究課題

- 多量の投薬を可能にするため毛細管現象を利用
- 生分解材料を用いた製作(折れても安全)
- ニードルの小径化と穿刺能力の両立
- MEMS加工で量産容易な加工の実現

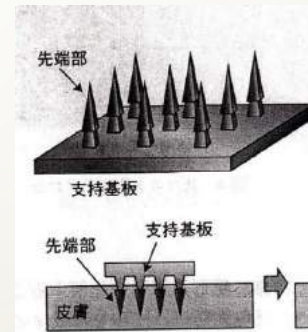
皆さんなら以下の課題をどう解決しますか？

Q 簡単に注射できて、多くの投薬量が可能にするには

(東北大の例) 多孔性のポラスマイクロニードルを開発し、電気で「流れ」(電気浸透流)が発生する性質を付与する。



<世の中では> 美容・化粧品で使われている
薬は針に塗布されている



化粧品



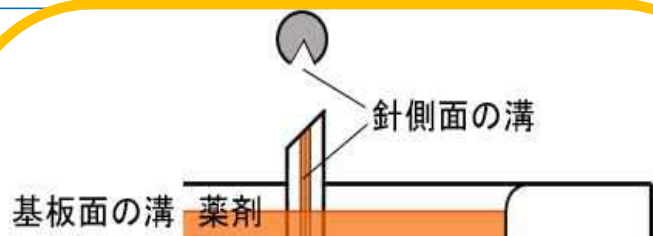
投薬方法

- コーティング型: 薬品をニードルに塗布
投薬量が少ない
- 溶解型: ニードルに薬品を混ぜ込む
薬の種類に制約, 投薬量が少ない
- 中空型
加工が困難

⇒ 医療用には、
「多量の投薬ができる」ことが重要

私たちのアプローチ MEMS技術で毛細管用の溝を加工，毛細管力で試薬搬送

多量の投薬を可能にする
本研究のコンセプト

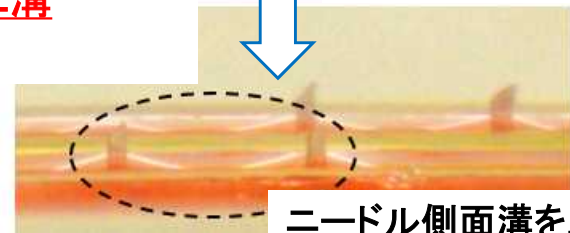


背面穴から試薬滴下



毛管力で表側の
下部溝に浸透

ニードル根本部と
針側面に溝
を形成

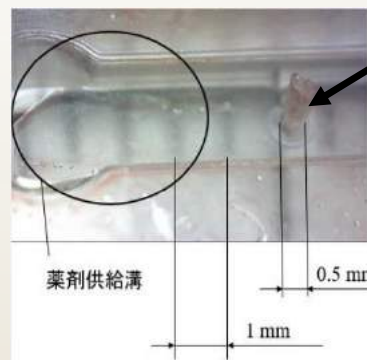


ニードル側面溝を上昇



ニードル根元部とニードル側面に溝

Φ0.5 mm側面溝付マイクロニードル
(万年筆のインク搬送技術の応用)



＜今年の卒研テーマ＞

- ・MNの穿刺メカニズムの解明
- ・穿刺性能向上(MNの形状最適化, 振動付与, 穿刺を容易にするために貼る皮膚シートなど)

(2) マイクロカプセル搭載投薬用マイクロポンプと温熱素子 (切らずにピンポイントな治療はできないか?)



マイクロカプセル搭載デバイス

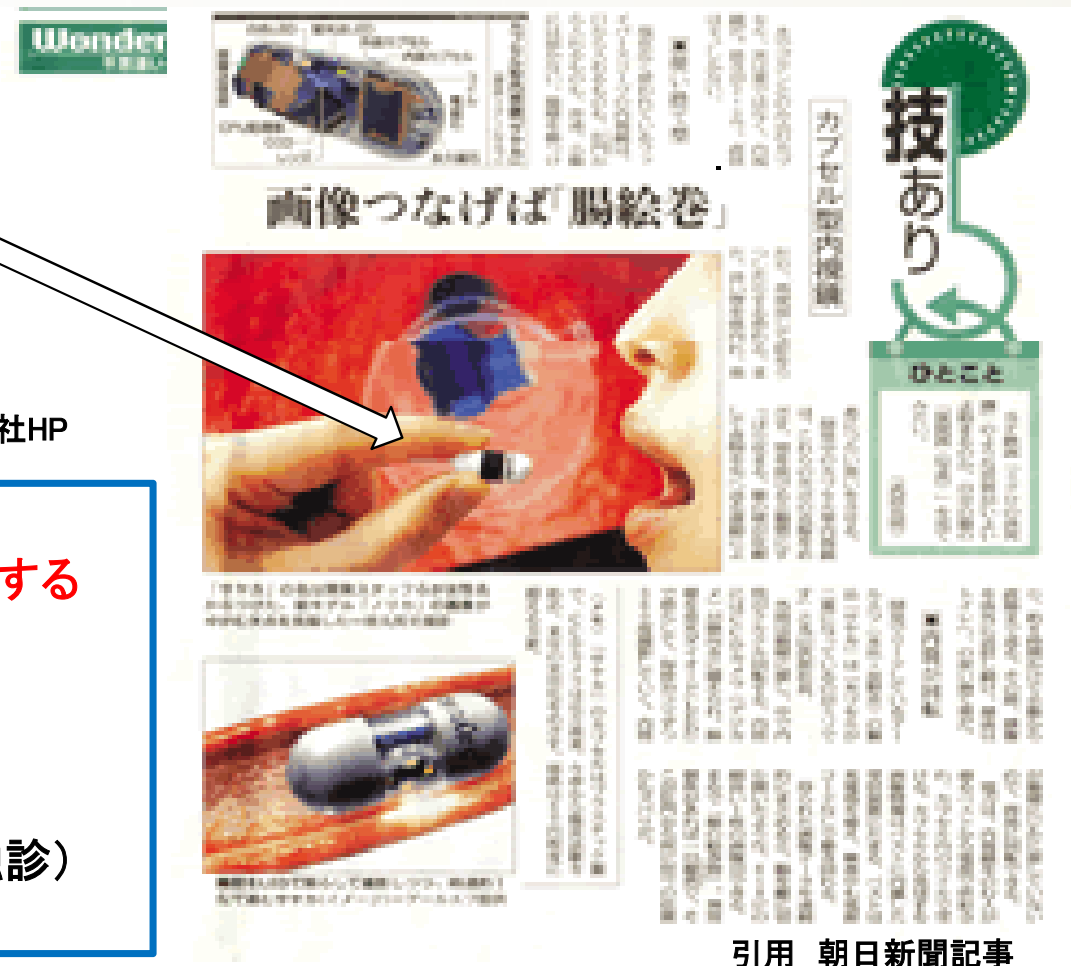
異なる機能の複数のカプセルにより多機能化を実現する
群システム

- ・ 投薬用マイクロポンプ
- ・ 温熱治療

その他

- ・ マニピレーター(検体採取), 表面硬度測定(触診)
振動(マッサージ)機能 などが考えられる

技術分野: MEMS加工, 化学反応を利用するアクチュエータ



私たちのアプローチ 化学反応で駆動する微小なアクチュエータ

化学反応で駆動するマイクロポンプ

($\phi 10 \times H6\text{mm}$, CO_2 ガスで駆動)

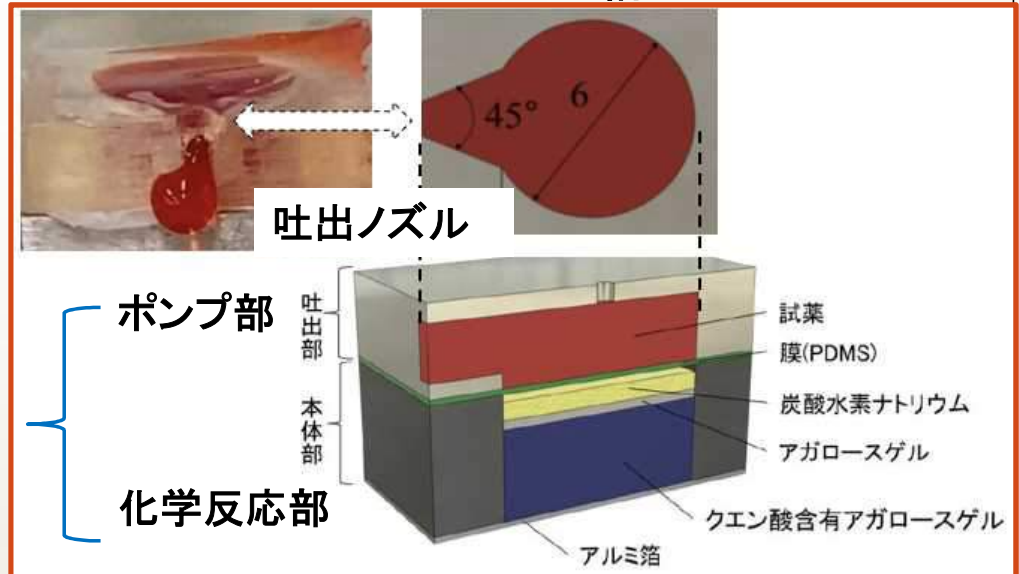
特徴

- 化学反応で素早い応答, 大きな吐出力
- モーターを使わず超小型
- 任意のタイミングで化学反応が起こるようにトリガー機能を設けた
(隔離壁用ゲルを溶解除去して, 反応開始)

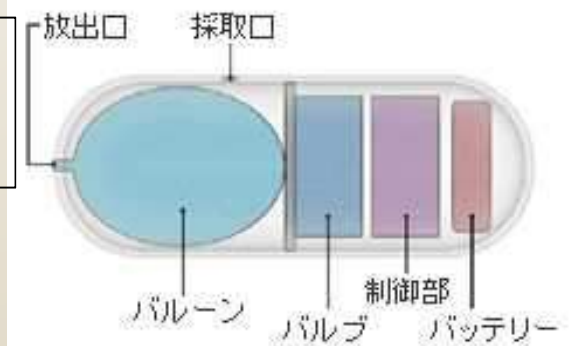
<今年の卒研テーマ>

- ・ゲルの加熱機構および電気回路の追加によりトータルシステムを完成させる.

マイクロポンプの構造



<参考> オリンパス社の例
バルーンに空気を貯めておき、
弁を操作して放出



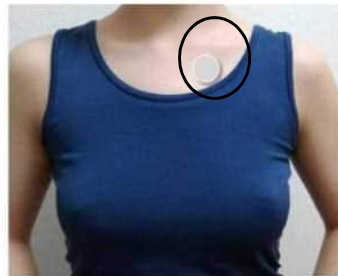
(3) 体液から発電するモバイル型バイオ燃料電池

(いつでもどこでもクリーンな電源が得られるようにするためには?)

<研究テーマ>

- MEMS加工でモバイル化およびフレキシブルな構造
- 生体適合性材料で構成
- 汗やセルロースナノファイバーを燃料
(セルロース: 植物を構成している繊維.
現在あまり利用できていない植物資源を利用して
カーボンニュートラル化を図る)

技術分野: MEMS加工, 機能性材料, マイクロ発電



市販されているモバイル医療機器用電源 (引用: マクセル社HP)

電池を使用.

漏れ出た場合の対策

安全な水溶液系電解液を用いたラミネート構造とした.

バイオ燃料電池とは

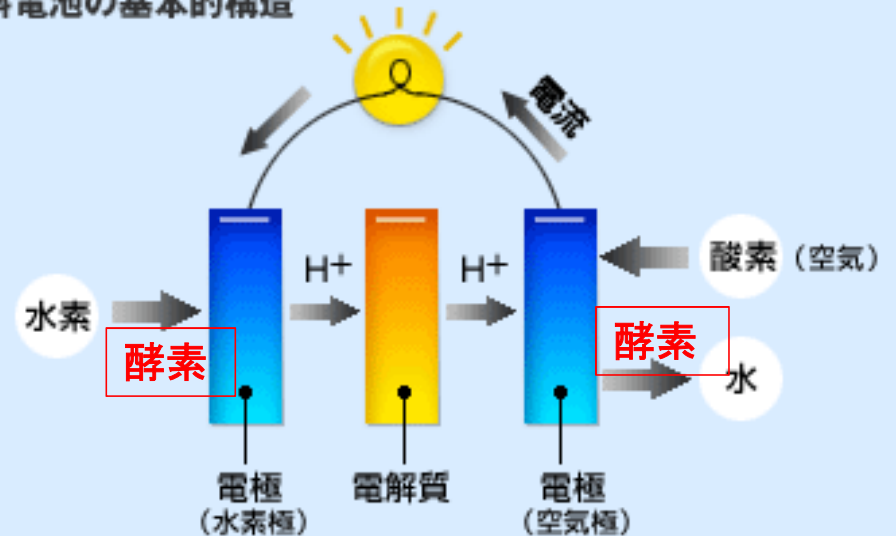
電極に酵素を使用

燃料: 生体内にあるものが使える.

グルコース, フルクトース, アスコルビン酸(ビタミンC)など
常温, 中性(pH)といったマイルドな環境で発電可能
(生体に適)

課題: 出力が小さい

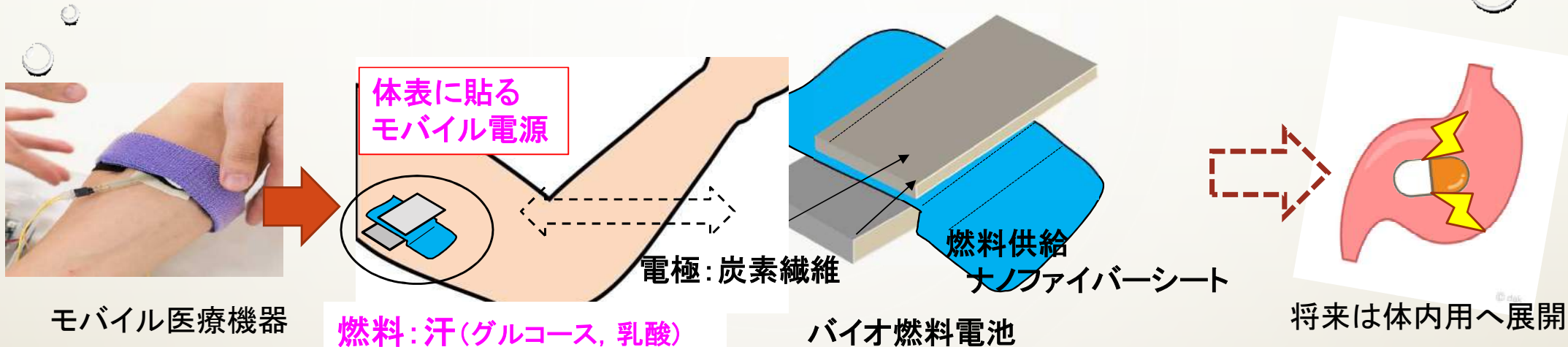
燃料電池の基本的構造



燃料はグルコースなど

私たちのアプローチ

燃料を汗と植物繊維から供給 (カーボンニュートラルな発電方法)



(4) 表面微細加工で多機能化

(生物の表面形状をMEMSで加工してその機能を利用する)

要素のサイズ バイオミメティクスにおけるサイズと発現する機能

- 数～数10 μm ロータス効果 微量な液体の搬送(分析装置、医療デバイス)



原理: 微小突起により水滴下面に空気
(ロータス(蓮の葉)効果)

Siや高分子膜に微細突起形成

リソグラフィで加工

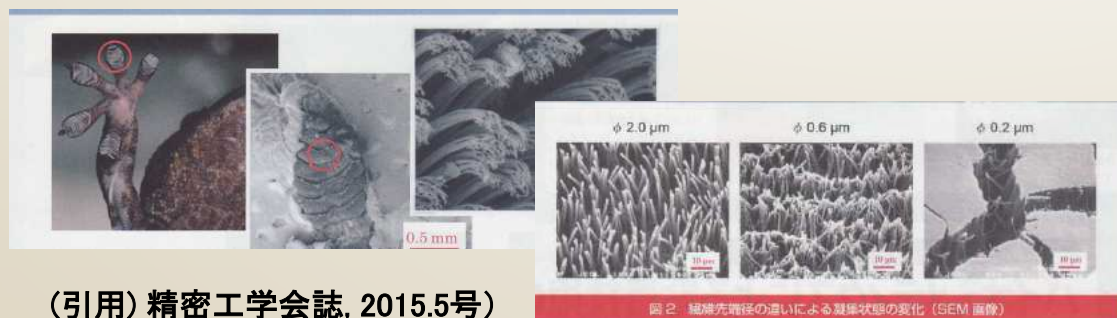


液滴を動かすため
には突起が必要

今までこれをやっ
てきました

- 数100nm 光の反射防止 (モスアイ効果) 無反射ディスプレイ

- 数10 ～ 数100nm ヤモリの足効果 粘着強度大だが剥がし易い (リサイクル用など)



(引用) 精密工学会誌, 2015.5号)

図2: 繊維先端径の違いによる凝集状態の変化 (SEM 画像)

<今年の卒研テーマ>

- 着脱容易な接合方法
- どのような場所でも姿勢を保持できる機構への応用

技術分野: MEMS加工, 機能性材料, バイオミメティクス

微細化

(テーマ5 超高速電子線描画を用いたナノインプリントモールドの高速化)

目的

ナノインプリント技術は日本の半導体復活の重要な技術です。

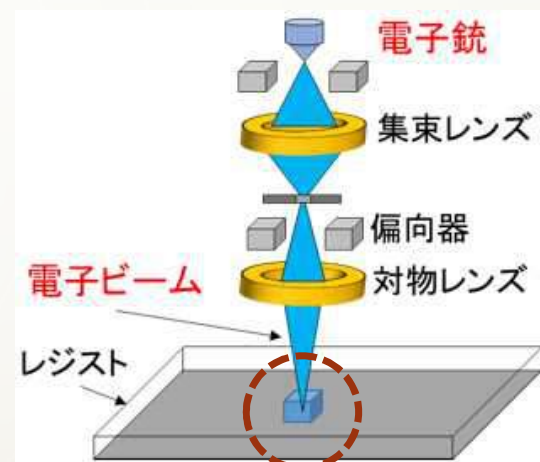
ナノインプリント用モールド作製のための装置の加工速度がカギとなっています。

<今年の卒研>

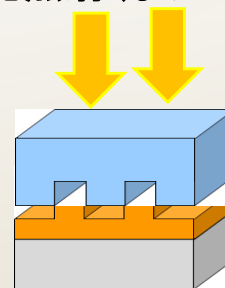
産総研の装置を用いて、加工速度向上のための技術評価を行います。

(注)希望者がなければ実施しません

研究場所: 産業技術総合研究所
(茨城県つくば市)

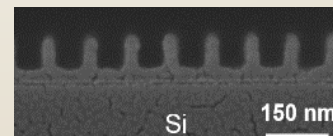


紫外光照射(または電子ビーム)



高純度石英モールド

UV硬化樹脂



ナノインプリントリソグラフィ

研究環境



加工: マイクロ機能研究デバイスセンター



研究室: 6号館614

最後に（メッセージ）

世の中の変化や技術の進展により、新しいニーズが次々と生まれますが、MEMSでそれに応えたい。

皆さんからのアイデアに期待しています！

興味を持たれた方は、研究室HPもご覧ください。⇒[“精密 今井研”で検索](#)



終了（有難うございました！）